

ВЫБОР СХЕМ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПГУ-ВЦГ

SELECTION SCHEMAS AIR HEATER FOR IGCC

Шмакова Л. А., Семенов Н. А., Кузнецова О. П., Микула В. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
sh.l.a.1995@mail.ru

Shmakova L. A., Semenov N. A., Kuznetsova O. P., Mikula V. A.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе были рассмотрены конструкции воздухонагревателя. Проанализирована работа и удельные затраты для схем. Выбрана схема воздухонагревателя для гибридной схемы ПГУ-ВЦГ.

Abstract: The air heater construction design were considered in this paper. The operation and unit costs were analyzed. The air heater scheme was chosen for the hybrid circuit IGCC.

Ключевые слова: гибридная схема ПГУ-ВЦГ; высокотемпературный воздухонагреватель; радиационная секция; конвективная секция

Key words: hybrid circuit IGCC; high-temperature air heater; radiant element; convective element.

В современном мире из года в год растет стоимость природных ресурсов, поэтому одним из многообещающих направлений использования природных ресурсов является развитие ПГУ на твердом топливе. На кафедре «Тепловые электрические станции» Уральского федерального университета ведутся исследования гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием твердых топлив.

В схеме гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива одним из важных элементов является высокотемпературный воздухонагреватель (ВН), в нем нагревается сжатый воздух (до 750–900 °С), который затем направляется в камеру сгорания газовой турбины.

Проведен анализ известной конструкции воздухонагревательной установки, представленной на рис. 1 [1, 2]. Установка представляет собой классический воздушный котел (радиационная топка и конвективная часть) с рециркуляцией дымовых газов.

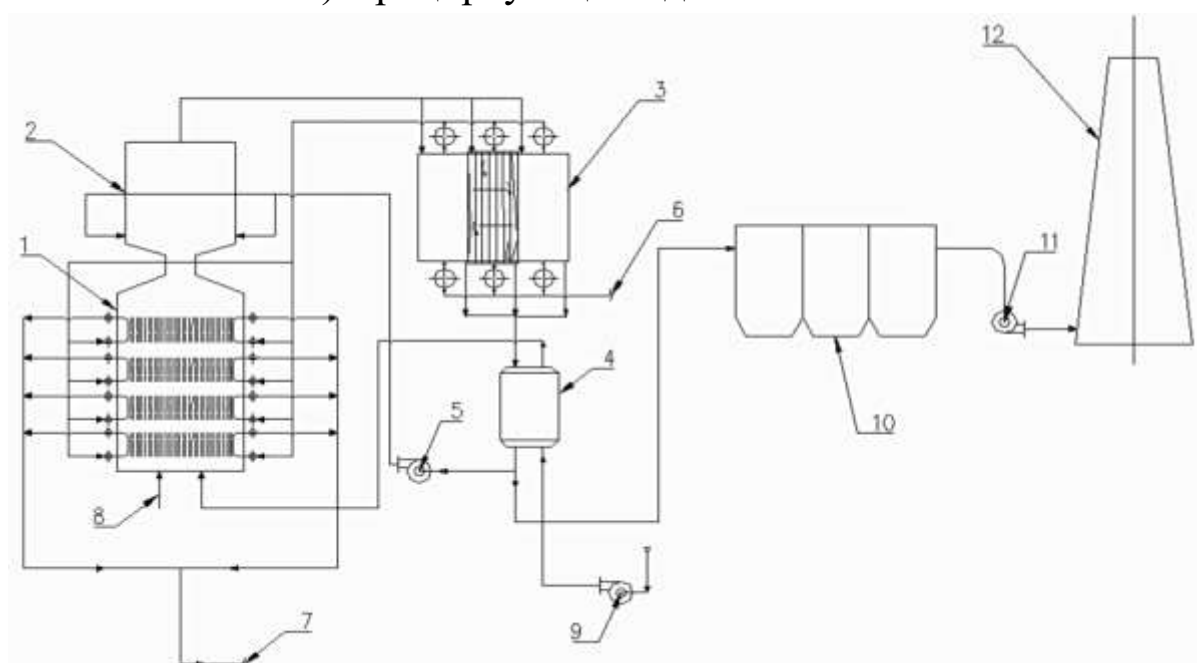


Рис. 1. Схема радиационно-конвективной воздухонагревательной установки
 1 – топка (радиационная часть) ВН; 2 – камера смешения; 3 – конвективная часть ВН; 4 – регенеративный воздухоподогреватель; 5 – дымосос рециркуляции газов; 6, 7 – вход и выход циклового воздуха; 8 – подвод твердого топлива; 9 – дутьевой вентилятор; 10 – система очистки дымовых газов; 11 – дымосос; 12 – дымовая труба

В ней сжигание твердого топлива 8 осуществляется в радиационной части, т. е. в топке 1, с последующим смешением продуктов сгорания с газами рециркуляции в камере 2, до получения температуры продуктов сгорания на выходе из нее ~ 1000·°С (по условиям полного исключения шлакования), затем по ходу продуктов сгорания следует конвективная часть ВН 3, за которой установлен

регенеративный воздухоподогреватель 4. Далее продукты сгорания проходят систему очистки 10 и сбрасываются в дымовую трубу.

Мы предлагаем использовать для ВН установки схему, представленную на рис. 2, в ней сжигание топлива осуществляется в топке с низкотемпературным вихрем (НТВ), поддержание низкой температуры при сжигании предлагается осуществлять за счет газового охлаждения (рециркуляцией продуктов сгорания с выхода конвективной шахты котла в топку).

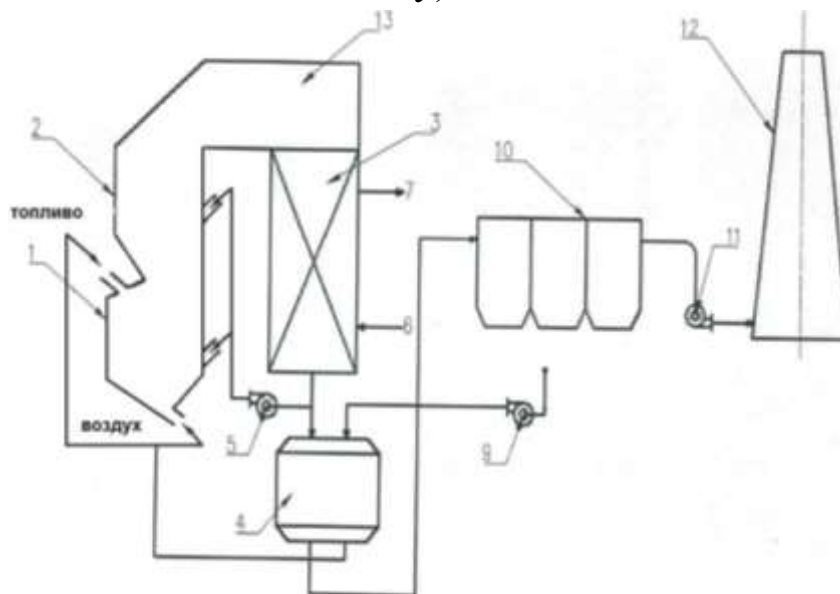


Рис. 2. Схема котельной установки с конвективной секцией нагрева компримированного воздуха

- 1 – вихревая зона горения (топки НТВ); 2 – прямоточная зона горения (топки НТВ); 3 – конвективный воздухоподогреватель; 4 – регенеративный воздухоподогреватель; 5 – дымосос рециркуляции газов; 6, 7 – вход и выход компримированного воздуха; 8 – подвод твердого топлива; 9 – дутьевой вентилятор; 10 – система очистки дымовых газов; 11 – дымосос; 12 – дымовая труба, 13 – поворотная камера

С целью изучения радиационной части ВН было произведено моделирование сжигания в топке с помощью программного пакета SigmaFlow. При моделировании геометрия топки принималась $12 \times 12 \times 30$ м, с 12 круглыми горелками. Для обеспечения необходимых для компримированного воздуха проходных сечений использовались трубы диаметром 60 мм. Результаты расчетов показали, что для того чтобы удержать температуру стенки экранов в допустимых пределах ($\sim 950^\circ\text{C}$), необходимо увеличить скорость

воздуха до 47 м/с, при этом удельные затраты составят 1,46 тыс. руб./($\text{кВт}\cdot\text{год}$).

Удельные денежные затраты конвективной секции ВН с НТВ при температуре нагрева воздуха 700–800 $^{\circ}\text{C}$ и диаметре гладкой трубы 21 мм при скорости воздуха 9 м/с для схемы с НТВ составляют 0,75 тыс. руб./($\text{кВт}\cdot\text{год}$), что в 2 раза ниже, чем для схемы с радиационной частью. И определяется в основном тем, что в чисто конвективной конструкции можно уменьшать диаметр трубок, сохраняя общее проходное сечение для воздуха (за счет увеличения количества параллельно включенных трубок), что трудно сделать в топке.

Для того чтобы снизить затраты была предложена конструкция труб с продольным оребрением для конвективной секции ВН с НТВ [4]. Для данной конструкции удельные затраты для труб с диаметром 21 мм и высотой ребра 30 мм при скорости воздуха 12 м/с составили 0,55 тыс. руб./($\text{кВт}\cdot\text{год}$), т. е. снизились ещё в 1,5 раза.

Так как компримированный воздух до температуры 900 $^{\circ}\text{C}$ можно нагревать в конвективных поверхностях воздушного котла, то от радиационных поверхностей нагрева (традиционной схемы), в виду выше перечисленных проблем, было решено отказаться и остановиться на схеме с низкотемпературным вихрем (НТВ) (рис. 2).

Выбранная схема позволяет уменьшить удельные денежные затраты, а также за счёт низкотемпературного вихря снижаются выбросы NO_x , что дает дополнительные экологические преимущества.

Список использованных источников

1. Шварц В. А. Конструкции газотурбинных установок. М. : Машиностроение, 1970. 436 с.
2. Combustion 2000: Final Technical Report / United technologies Research center. Connecticut, 2001.
3. Развитые поверхности теплообмена / Д. Керн, А. Краус и др. М. : Энергия, 1977. С. 78–80.
4. Шмакова Л. А., Гильметдинова Ю. Р., Микула Е. В. Теплообменный элемент высокотемпературного нагревателя компримированного воздуха // IV Российская молодежная научная школа-конференция. Томск : ТПУ, 2016. С. 370–374.